



TITLE:

Stochastic Analysis For Water Pipeline System Management(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Hwisu, Shin

CITATION:

Hwisu, Shin. Stochastic Analysis For Water Pipeline System Management. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19291>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	申 輝秀
論文題目	Stochastic Analysis For Water Pipeline System Management (水道管路システムマネジメントのための確率分析)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は上水道システムの重要なサブシステムである管路システムの維持補修マネジメントの効率化に資することを目的として、管路施設の劣化過程を記述する管路劣化モデルを推計するとともに、管路施設の最適補修・更新戦略について分析する方法論を提案したものであり、以下の6つの章で構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、上水道システムの維持マネジメントの効率化のために開発されてきた要素技術の現況を包括的に整理するとともに、それを支援するための上水道の維持補修マネジメントシステムが具備すべき要件を体系的に整理している。その上で、韓国における上水道マネジメントが有している問題点や課題について考察し、管路網の維持補修マネジメントの効率化を目的とした劣化予測技術やライフサイクル費用評価等のマネジメント技術の開発のための条件整理を行っている。さらに、本論文が対象とする研究範囲と研究目的を明確化した上で、第2章以降の論文構成について説明している。</p> <p>第2章では、上水道システムの維持補修マネジメントの現状とあるべきマネジメントシステムの基本構成についてあきらかにしている。維持補修マネジメントに携わる人的資源の能力、必要な機器の制約を考慮すれば、最小限のデータで可能な限りパフォーマンスの高い上水道システムの維持補修業務を実施しえるマネジメントシステムの構築が必要となる。このような問題意識の下に、上水道施設の維持補修マネジメント実施上の制約について考察している。そのうえでこれらの制約条件を考慮しながら、上水道マネジメントのために必要となるデータベース構造について提案するとともに、上水道システムを構成する管路システムの劣化予測手法として望ましい予測モデルを体系的に整理している。さらに、上水道維持補修マネジメントシステムが具備すべき基本モジュールとその入出力関係を整理し、その中で劣化予測モデルやライフサイクル費用評価技術が果たす役割について考察している。</p> <p>第3章では、管路システムの損傷のうち、管路接合部と管路本体から発生する水漏れに着目し、初期時点から、これらの損傷が発生するまでの期間長を求める劣化予測モデルを定式化している。その際、水漏れが発生する場合、直ちに水漏れが発生している箇所に関して補修が実施されるため、データベース上に事故記録として残されているデータは、管路接合部、管路本体で発生する水漏れ事象のうち、いずれか一方、水漏れが早く発生する事象のみが記録され、いま一方の水漏れ事象に関しては記録が残されていないという問題が存在する。このような不完全データに基づいて、2種類の水漏れ事象に対する劣化予測モデルを推計するために、これら2つの競合する水漏れ事象のうちいずれか早く発生する水漏れ事象のみが観測されるような状況を考慮して、いずれか一方のみが観測されるようなデータ発生状態について競合劣化ハザードモデルを用いてモデル化し、最尤法を用いた推計方法を提案している。さらに、韓国の上水道システムを対象として蓄積された損傷データベースを用いて、提案した方法論の有効性について実証的に分析している。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	申 輝秀
<p>第4章では、水道管路で発生する道路舗装の水漏れと管路損壊という2種類の損傷事象が発生する期間長を競合劣化ハザードモデルとして定式化し、韓国データベースを用いて劣化予測モデルを推計している。その上で、水漏れに対しては補修、管路損壊に対しては管路更新として維持補修シナリオを設定したうえで、管路損壊により発生する社会的費用も考慮に入れた期待ライフサイクル費用を最小にするような管路更新戦略を求める最適管路更新モデルを定式化している。その際、ハザードモデルを用いて連続時間軸上で、損傷発生確率が時間的に増加していく過程をモデル化している。また、このような連続時間軸上で記述される事故発生確率の時間的変化、事故による社会的費用と維持補修、更新費用の発生を考慮にいれながら、予防的更新がもたらす期待ライフサイクル費用について積分方程式モデルを用いて定式化している。さらに、韓国の上水道システムを対象として、最適予防更新タイミングを実証的に求めることにより提案したモデルの有効性について実証的に分析をしている。</p> <p>第5章では、水道管路の表面に発生する損傷や剥離が、水道水の水質に悪影響を及ぼすことから、水道システムの維持補修システムの高度化のために管路品質のマネジメントが重要であることを指摘している。管路表面の損傷・剥離と管路材質の劣化の間には相互作用が存在するため、このような複数の劣化過程の間に存在する相互作用をそれぞれの劣化ハザードモデルの異質性パラメータとして表現する方法をシステム化している。その上で、相互作用に介在する不確実性が2種類の混合劣化ハザードの異質性パラメータに影響を及ぼすような複合的混合劣化ハザードモデルを定式化することにより、相互作用を有する複合的な劣化過程をモデル化することに成功している。さらに、マルコフ連鎖モンテカルロシミュレーション手法を用いたモデルの推計方法を提案し、韓国データベースを用いてモデルの推計を試みている。また、推計結果に基づいて、水道水の品質低下リスクを考慮したような上水道システムのマネジメントシステムの高度化のための課題について考察している。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は水道管路の劣化現象が多様かつ不確実であることに着目し、複数の損傷モードによる管路システムの劣化過程を競合的・複合的確率モデルにより表現し、ライフサイクル費用の低減に資する点検補修戦略について分析したものであり、具体的には、以下のような知見を得ている。

1. 水道管路の典型的な損傷パターンである漏水と管路損壊の2種類に着目し、これらの損傷が競合的に発生する過程を競合ハザードモデルによりモデル化することが可能であることを示している。さらに、その推計方法を提案し現実のデータを用いてモデルを推計している。

2. 漏水と管路損壊が独立的に進展する管路システムを対象として、社会的費用を含めた期待ライフサイクル費用が最小になるような連続時間軸上の確率的最適更新タイミングを求める数理計画モデルを定式化し、現実のデータを用いてモデルの有効性を実証的に検証している。

3. 管路システムの材質の悪化と管路の損傷の間には相互作用があることを指摘し、両者が並行的に進行する過程を複合的ハザードモデルにより定式化している。さらに、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いた推計方法を提案し、現実のデータを用いてモデルを推計している。

4. 韓国における水道管路システムの維持マネジメント上の問題点について考察するとともに、本研究で提案した管路システムの劣化過程のモデル化、最適更新戦略モデルを適用することにより、実証分析を通じて水道管路システムの維持補修戦略を実践的に提言している。

以上、要するに、水道管路システムを対象として、多様な要因が原因となる劣化過程の確率モデル化と期待ライフサイクル費用の低減化に資する更新戦略について分析したものであり、学術上、實際上寄与することが少なくない。よって、博士(工学)の学位審査として価値あるものと認める。また、平成27年8月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。